

KARAKTERISTIK INDEKS IONOSFER (INDEKS_T) JAM-AN DAN BULANAN SUMEDANG DAN BIAK [SUMEDANG AND BIAK HOURLY AND MONTHLY IONOSPHERIC INDEX (T INDEX) CHARACTERISTICS]

Sri Suhartini¹, Irvan Fajar Syidik, Slamet Syamsudin

Peneliti Pusat Sains Antariksa, Lapan

¹e-mail: srilpnbdg@yahoo.com

Diterima 15 Februari 2014; Disetujui 17 April 2014

ABSTRACT

One input to the ASAPS (Advance Stand Alone Prediction System) software used to prepare HF radio communications frequency prediction by Lapan is ionospheric indices (T_indices), which is an index that explain the effect of solar activity on the ionosphere. Under certain conditions the HF radio communications users require short-term frequency prediction, and the information for hourly T_indices is needed. This paper discusses the application of the Turner method for the determination of local hourly Ionospheric index (T_index) by using the foF2 data from Sumedang Aerospace Observatory (6.54 ° S , 107.55 ° E) and Biak (1.38 ° S , 135 , 98 ° E), and the sunspot number (R12). The results show that the hourly T_index for Sumedang and Biak follow the long-term variations in solar activity , but does not appear to seasonal and daily variations. The analysis shows that hourly T_index should be calculated separately for each location. Local monthly T_index for Sumedang and Biak follow the characteristics of the global T_index and long-term solar activity and its value is generally higher than the global T_index. For a monthly T_index of Indonesian region can be used one regional T_index value, which is the average of the local monthly T_index.

Keywords: *Ionospheric index, Turner method, Hourly T index, Monthly T index*

ABSTRAK

Salah satu masukan untuk perangkat lunak *Advance Stand Alone Prediction System* (ASAPS) yang digunakan untuk menyiapkan layanan prediksi frekuensi komunikasi radio HF oleh Lapan adalah indeks ionosfer (indeks_T), yaitu indeks yang menyatakan ukuran efek aktivitas matahari pada ionosfer. Dalam kondisi tertentu pengguna komunikasi radio HF memerlukan prediksi frekuensi jangka pendek, dan untuk itu diperlukan informasi indeks_T jam-an. Makalah ini membahas penerapan metode Turner untuk penentuan indeks Ionosfer (Indeks_T) lokal jam-an menggunakan data foF2 dari Loka Pengamat Dirgantara Sumedang (6,54 °LS, 107,55 °BT) tahun 1998 – 2012 dan Biak (1,38 °LS, 135,98 °BT) tahun 2005 – 2012 dan bilangan *sunspot* (R12). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Indeks_T jam-an Sumedang dan Biak mengikuti variasi aktivitas matahari jangka panjang, namun tidak nampak variasi musiman maupun hariannya. Analisis menunjukkan bahwa indeks_T jam-an harus dihitung secara terpisah untuk masing-masing lokasi. Indeks_T bulanan lokal di Sumedang dan Biak mengikuti karakteristik indeks_T global dan aktivitas matahari jangka panjang dan secara umum nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan indeks_T global. Untuk indeks_T regional bulanan Indonesia dapat digunakan satu nilai indeks_T regional, yaitu rata-rata indeks_T lokal bulanan.

Kata kunci: *Indeks ionosfer, Metode Turner, Indeks_T jam-an, Indeks_T bulanan*

1 PENDAHULUAN

Lapisan F2 ionosfer sangat dipengaruhi oleh radiasi pengionisasi dari matahari, komposisi termosfer netral yang sangat bervariasi, dan dinamika di ketinggian lapisan tersebut. Sehingga antara foF2 dengan indeks aktivitas matahari tidak berkorelasi secara langsung. Salah satu efek yang terkenal adalah histeresis pada variasi foF2 dalam siklus matahari yang dapat mengakibatkan perbedaan rata-rata tahunan foF2 sebesar 1 MHz untuk bilangan *sunspot* (R12) yang sama (Rao dan Rao, 1969; Smith dan King, 1981). Untuk bulan tertentu perbedaan ini bahkan lebih tinggi, sampai 1,5 MHz (Mikhailov, 1993). Masalah lain dengan penggunaan R12 adalah "efek saturasi" pada tingkat aktivitas matahari tinggi. Menurut rekomendasi *Comite Consultatif International pour la Radio* (CCIR) (CCIR, 1967-1990) yang juga digunakan dalam *International Reference Ionosfer* (IRI), harus digunakan persamaan linier antara R12 dan median bulanan foF2 untuk $R12 < 150$ dan foF2 diberi nilai tetap untuk $R12 > 150$ sepanjang siklus matahari (Bilitza, 1990).

Untuk mendapatkan prediktor yang dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat, dibuat indeks yang menggantikan bilangan *sunspot* untuk menyatakan hubungan antara kondisi ionosfer dengan aktivitas matahari. (http://www.ips.gov.au/HF_Systems/1/6). Indeks_T tersebut adalah indeks ionosfer. Data ionosfer digunakan untuk mengkalibrasi data matahari sehingga memberikan gambaran perubahan yang teramati di ionosfer yang diakibatkan oleh faktor-faktor di luar bilangan *sunspot*, seperti badai magnetik misalnya yang dapat merubah kemampuan ionosfer memantulkan sinyal (Perrone, 1998). Pada tahun 1968 Jack Turner mengembangkan indeks_T, diturunkan dengan mengasumsikan hubungan linier antara parameter matahari (R12) dengan karakteristik ionosfer (foF2) (Turner, 1968). Metode untuk prediksi bulanan indeks_T untuk siklus matahari ke 22 dibuat oleh Caruana (1989), dengan menghitung *smoothed mean 11-year* siklus indeks_T dari indeks_T hasil pengamatan.

Dalam membuat prediksi frekuensi, Lapan menggunakan perangkat lunak ASAPS yang dibuat oleh *IPS Radio and Space Services Australia*. Salah satu masukan utama untuk ASAPS adalah indeks_T (SAGS, November 1995). IPS secara rutin mengeluarkan prediksi indeks_T global yang dapat diunduh melalui jaringan internet. Selain indeks_T global, dalam layanan informasinya, IPS memberikan juga peta indeks_T, yang menunjukkan selisih antara indeks_T bulanan dengan indeks_T *real-time* di wilayah Australia dan nilai indeks_T *real-time* untuk wilayah Australia. Indeks_T *real-time* digunakan ketika akan dibuat prediksi jangka pendek menggunakan ASAPS (http://www.ips.gov.au/HF_Systems).

Untuk wilayah Indonesia, Jiyo (2005) telah menghitung koreksi indeks_T regional terhadap indeks_T global yang diturunkan dari hubungan linier antara indeks_T global dengan foF2 hasil pengamatan di Loka Pengamatan Dirgantara (LPD) Sumedang dan LPD Biak. Hasilnya adalah bahwa indeks_T regional Indonesia mempunyai nilai lebih tinggi 8 dibandingkan indeks_T global. Penentuan indeks_T bulanan regional Indonesia telah dilakukan pada tahun 2011, menggunakan data rata-rata median bulanan foF2 dari Loka Pengamatan Dirgantara Sumedang dan stasiun Vanimo (Suhartini, 2012). Hasilnya adalah koefisien persamaan linier hubungan antara indeks_T dengan foF2 untuk Sumedang dan Vanimo bulan Januari-Desember. Pengujian terhadap hasilnya telah dilakukan, baik uji kompatibilitas terhadap rata-rata tahunan bilangan *sunspot* (R12) (Suhartini, 2012), dan uji sebaran maupun uji menggunakan data ALE pada tahun 2012 (Dear dan Syamsudin, 2012; Dear 2012).

Dalam kondisi tertentu, misalnya dalam keadaan darurat, diperlukan prediksi frekuensi jangka pendek untuk penggunaan komunikasi radio HF, dan untuk itu diperlukan informasi indeks_T *real-time*. Makalah ini membahas penurunan metode

penentuan indeks_ T jam-an dan analisis hasil perhitungan indeks tersebut menggunakan metode yang diperoleh. Hasil perhitungan indeks_T jam-an ini untuk selanjutnya akan digunakan sebagai dasar penentuan indeks_T *real-time*. Prediksi frekuensi jangka panjang yang masa berlakunya selama satu bulan dibuat menggunakan indeks T bulanan. Prediksi ini dapat digunakan untuk manajemen frekuensi, yaitu untuk penjadwalan waktu berkomunikasi bagi pengguna yang hanya memiliki satu ijin frekuensi, atau penjadwalan penggunaan frekuensi untuk pengguna yang memiliki ijin untuk menggunakan beberapa frekuensi kerja.

2 DATA DAN METODE

Data yang digunakan adalah median bulanan foF2 jam-an dari LPD Sumedang tahun 1998 – 2012 dan LPD Biak tahun 2005 – 2012. Untuk data Biak ditambahkan data dari Vanimo tahun 1975 – 2004. Bilangan *sunspot* yang digunakan adalah rata-rata berjalan 12 bulan (R12) untuk bulan-bulan yang sesuai dengan data foF2. Persamaan linier untuk penghitungan indeks_T menggunakan metode Turner:

$$T_i = a_i f_i + b_i \quad (2-1)$$

Dimana

T_i : Rata-rata berjalan 12 bulan bilangan *sunspot* (R12)

f_i : median bulanan foF2 per jam.

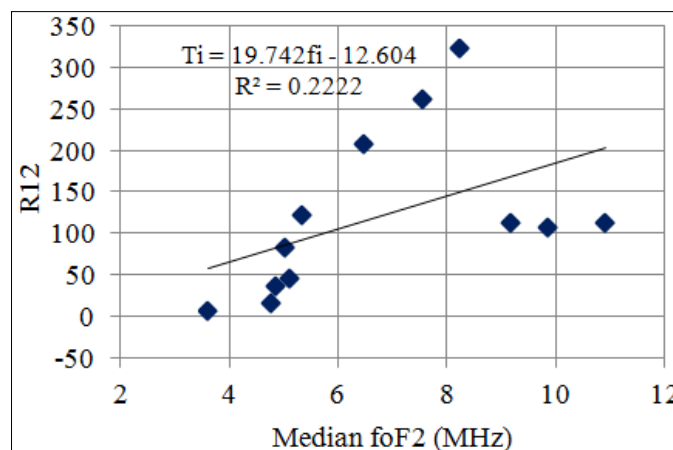
a_i dan b_i : konstanta persamaan linier dari masing-masing persamaan.

Persamaan linier ini ditentukan untuk setiap jam, setiap bulan, untuk masing-masing lokasi pengamatan.

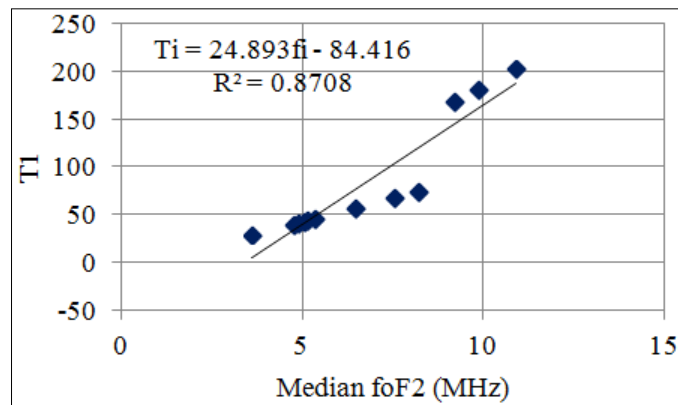
Untuk mendapatkan persamaan linier perhitungan indeks_T langkah-langkah yang dilakukan adalah:

- Bilangan *sunspot* yang nilainya < 100 diberi bobot 4. Kemudian ditentukan konstanta-konstanta pada persamaan 2-1 dan dihitung “bilangan *sunspot* terkoreksi” (T_i) dari persamaan tersebut.
- Proses ini kemudian diulang dengan memberikan bobot 2 pada “bilangan *sunspot* terkoreksi” yang nilainya < 100 dan akan diperoleh kumpulan indeks ionosfer baru yang kedua.
- Langkah ketiga dan keempat dilakukan dengan mengulang proses sebanyak dua kali tetapi tanpa pembobotan terhadap data. Persamaan yang diperoleh terakhir adalah persamaan untuk penentuan indeks_T.

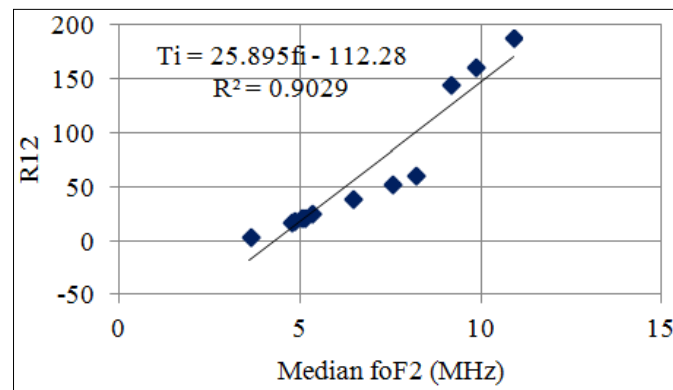
Contoh proses tersebut untuk Sumedang bulan Januari jam 00:00 secara berurutan diberikan dalam Gambar 2-1 s.d. 2-4.



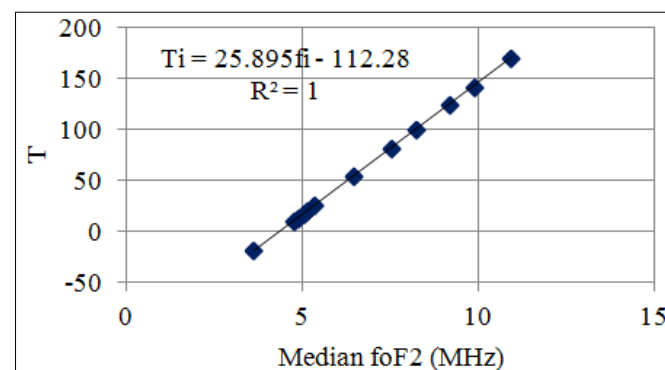
Gambar 2-1: Persamaan linier hasil proses langkah pertama dengan konstanta $a_1 = 19,742$, dan $b_1 = -12,604$



Gambar 2-2: Persamaan linier hasil proses langkah kedua dengan konstanta $a_2 = 24,893$, dan $b_2 = -84,416$



Gambar 2-3: Persamaan linier hasil proses langkah ketiga dengan Konstanta $a_3 = 25,895$, dan $b_3 = -112,28$



Gambar 2-4: Persamaan linier hasil proses langkah keempat dengan konstanta $a_4 = 25,895$, dan $b_4 = -112,28$

Dengan demikian persamaan linier untuk menghitung indeks_T Sumedang bulan Januari jam 00:00 adalah:

$$T = 25.895 \times (\text{median foF2 jam 00:00}) - 112.28 \quad (2-2)$$

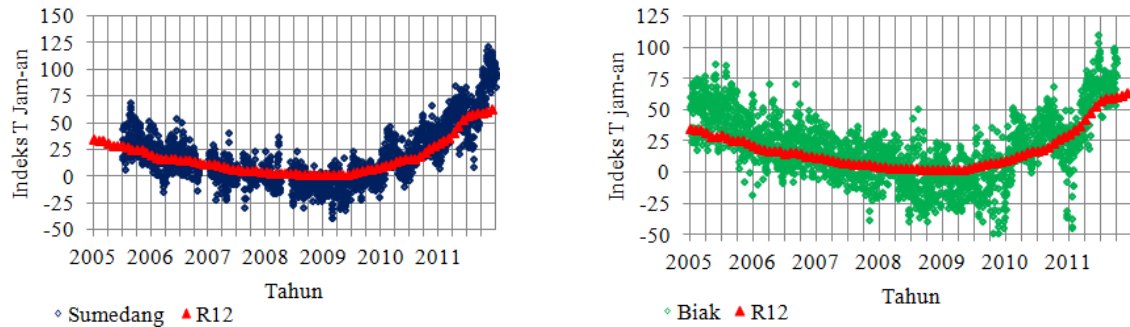
Perhitungan telah dilakukan untuk Sumedang dan Biak. Hasilnya berupa konstanta a dan b untuk perhitungan indeks_T per jam di kedua lokasi untuk jam 00:00 – 23:00, bulan Januari – Desember.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Indeks_T jam-an Sumedang dan Biak

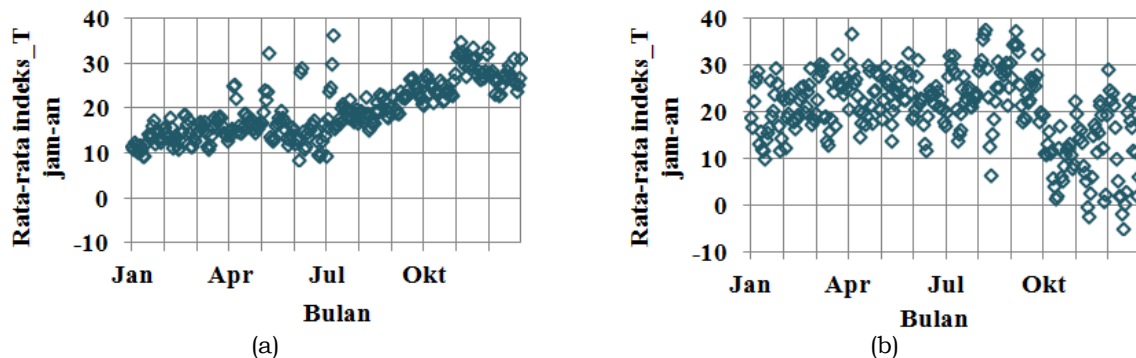
Indeks_T jam-an untuk Sumedang (tahun 1998-2012) dan Biak (tahun 1975-2011), telah dihitung menggunakan persamaan 2-1, dengan median bulanan jam-an foF2 dan koefisien a dan b dari masing-masing lokasi, jam dan bulan. Indeks_T jam-an

Sumedang dan Biak untuk tahun 2005 - 2011 ditunjukkan dalam Gambar 3-1. Dapat dilihat bahwa nilai indeks_T jam-an mengikuti variasi aktivitas matahari jangka panjang (R12).



Gambar 3-1: Indeks_T jam-an Sumedang, Biak dan bilangan *sunspot* (R12) tahun 2005 - 2011

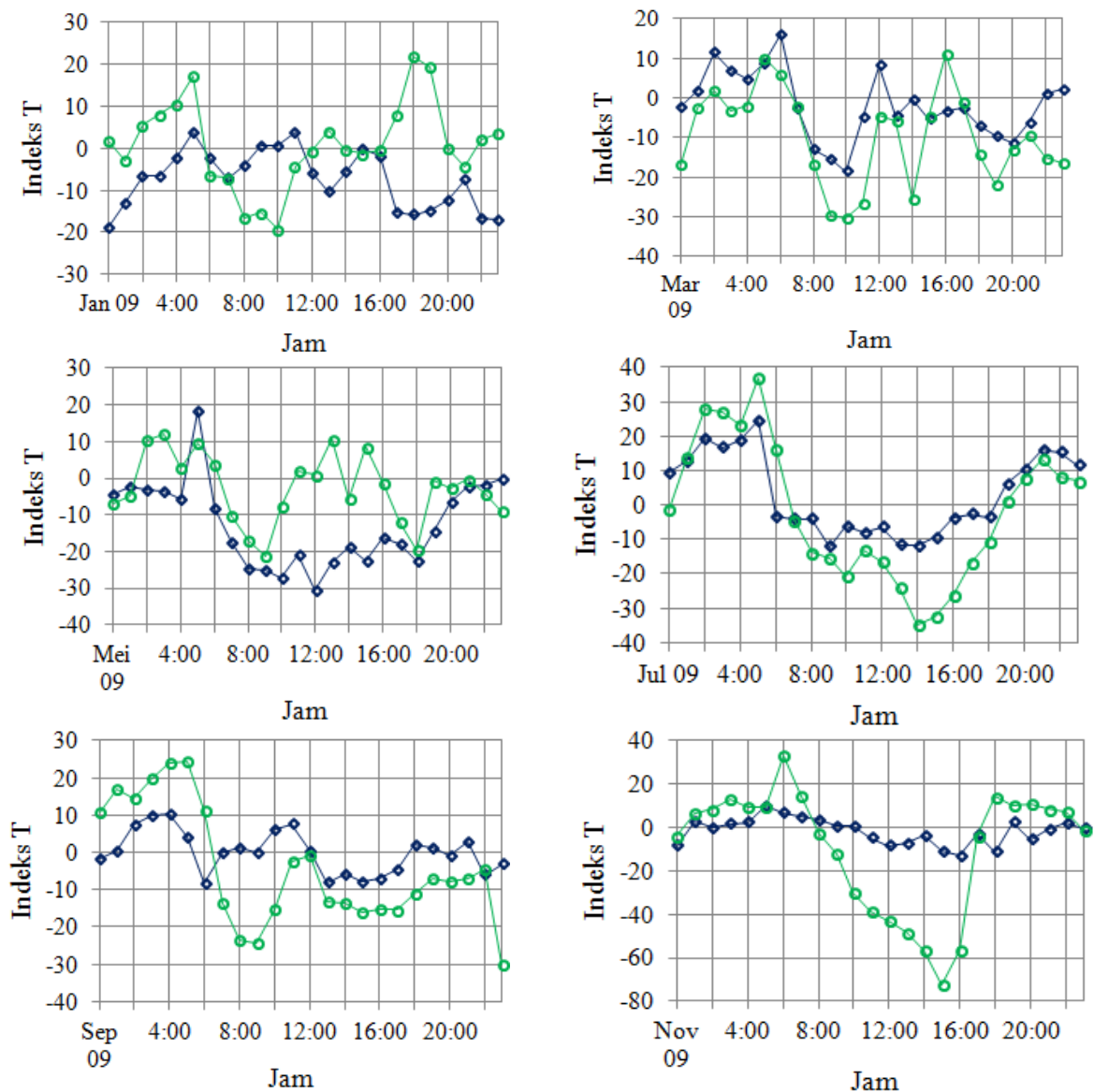
Untuk melihat variasi musiman indeks_T jam-an di 2 lokasi, dihitung rata-rata indeks_T setiap jam setiap bulan untuk masing-masing lokasi dari tahun 2005-2011. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3-2.



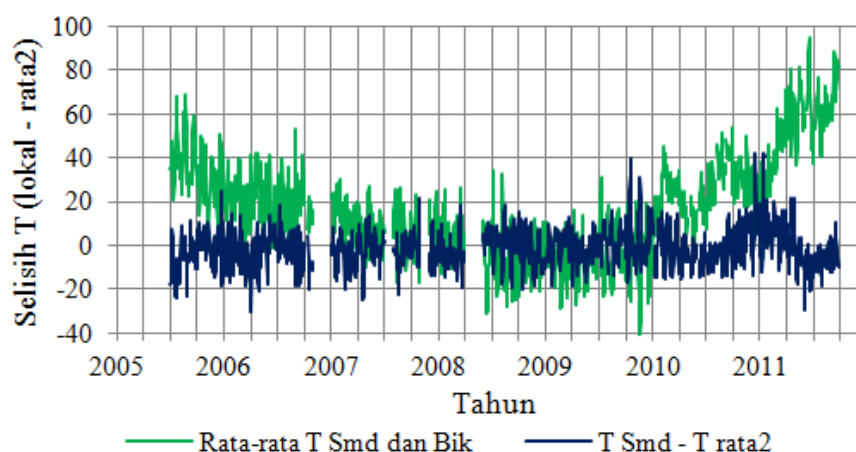
Gambar 3-2: Rata-rata indeks_T jam-an tahun 2005-2011, (a) Sumedang dan (b) Biak

Dari Gambar 3-2 dapat dilihat bahwa tidak nampak adanya variasi musiman pada indeks_T jam-an. Sebaran nilai indeks_T untuk Biak lebih besar dibandingkan Sumedang, dengan nilai untuk Biak lebih besar pada bulan Januari sampai Juli. Pada bulan Agustus-Desember nampak pola berlawanan pada nilai indeks_T jam-an Sumedang dan Biak, dimana indeks_T Sumedang cenderung naik, sedangkan untuk Biak cenderung turun.

Variasi harian indeks_T jam-an ternyata juga tidak memiliki pola tertentu antara satu lokasi dengan lainnya, demikian juga antara bulan satu dengan lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa perilaku indeks_T jam-an antar lokasi tidak bisa dirata-ratakan. Contoh variasi harian indeks_T jam-an untuk 2 lokasi untuk 6 bulan tahun 2009 diberikan dalam Gambar 3-3. Rata-rata indeks_T jam-an di dua lokasi dan selisih T jam-an Sumedang dengan rata-rata tersebut tahun 2005 - 2011 diplot dalam Gambar 3-4. Dalam perhitungan prediksi frekuensi menggunakan perangkat lunak ASAPs, prediksi harus dihitung ulang apabila indeks_T berubah sebesar 25. Berarti MUF dianggap berubah cukup besar apabila indeks_T berubah sebesar 25. Dari 1587 data yang diplot, 98% diantaranya mempunyai nilai antara -20 sampai 20. Indeks_T jam-an digunakan untuk prediksi indeks_T jangka pendek, untuk keperluan prediksi frekuensi jangka pendek. Karena variasi harian indeks_T jam-an tidak memiliki kesamaan pola antara masing-masing lokasi maupun dari bulan ke bulan, walaupun selisih antara indeks_T masing-masing lokasi dengan rata-ratanya masih berada dalam rentang toleransi perubahan indeks_T, indeks_T jam-an harus dihitung secara terpisah untuk masing-masing lokasi.



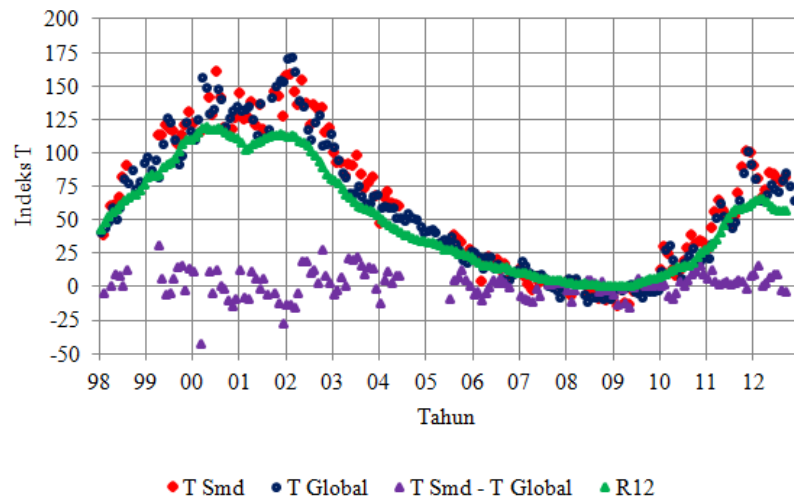
Gambar 3-3: Variasi harian indeks_T jam-an Sumedang (biru), dan Biak (hijau) tahun 2009



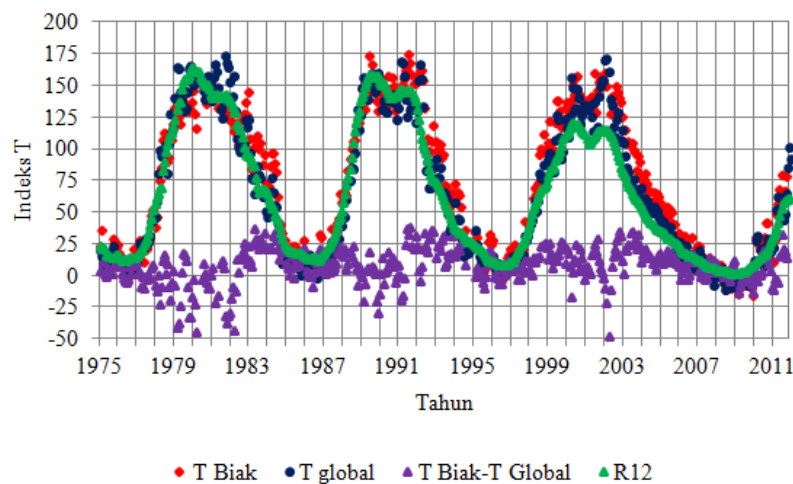
Gambar 3-4: Rata-rata indeks_T jam-an Sumedang dan Biak dan selisih antara T Sumedang dengan rata-ratanya

3.2 Indeks_T bulanan Sumedang dan Biak

Indeks_T bulanan masing-masing lokasi adalah rata-rata indeks_T jam-an untuk masing-masing bulan dan lokasi. Indeks_T bulanan, T global, T (lokasi – global) dan R12 untuk masing-masing lokasi ditunjukkan dalam Gambar 3-5 dan Gambar 3-6.



Gambar 3-5: Indeks_T bulanan Sumedang, T global, (T Sumedang – Tglobal), dan R12

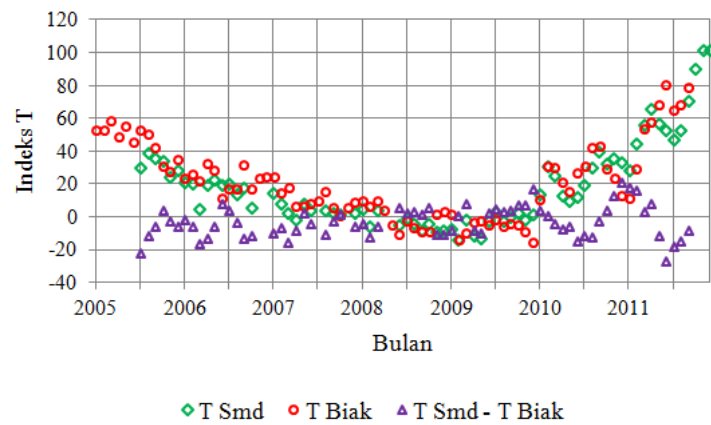


Gambar 3-6: Indeks_T bulanan Biak, T global, (T Biak - T global), dan R12

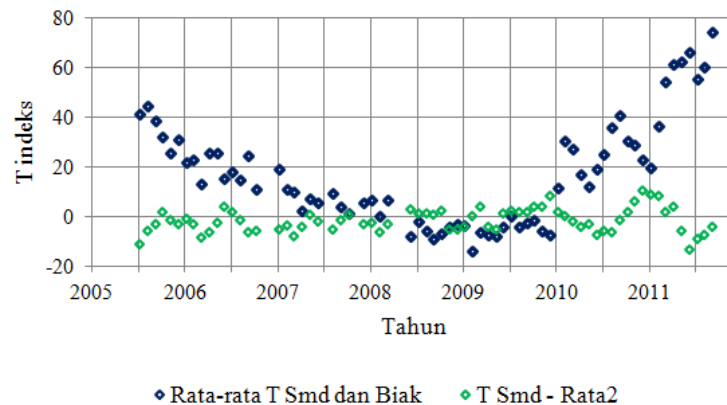
Gambar 3-5 dan 3-6 menunjukkan bahwa indeks_T bulanan untuk Sumedang dan Biak, mengikuti variasi aktivitas matahari (R12) dan indeks_T global. Selisih indeks_T lokal dengan indeks_T global berada pada rentang ± 25 , dengan nilai untuk Sumedang sebanyak 65% >0 dan untuk Biak 75% >0 . Hal ini berarti bahwa secara umum indeks_T bulanan lokal Indonesia lebih tinggi dibandingkan indeks_T global. Ini sesuai dengan hasil yang diperoleh Jiyo (2005), bahwa indeks_T regional Indonesia mempunyai nilai lebih tinggi 8 dibandingkan indeks_T global.

Perbandingan nilai indeks_T bulanan Sumedang dan Biak dilakukan untuk tahun dimana indeks_T ada untuk kedua lokasi (2005 – 2011), Indeks_T masing-masing lokasi dan selisihnya diplot dalam Gambar 3-7. Dari sebanyak 69 data, 59% nya memiliki selisih indeks_T antar lokasi (Sumedang – Biak) dengan nilai < 0 . Ini menunjukkan bahwa secara umum indeks_T Sumedang $<$ indeks_T Biak.

Rata-rata indeks_T bulanan Sumedang dan Biak setiap tahun dan selisih indeks_T Sumedang dengan rata-rata ditunjukkan dalam Gambar 3-8. Dari 69 data yang diplot dalam Gambar 3-8, sebanyak 96% data selisih antara T Sumedang dengan rata-rata berada pada rentang -10 sampai 10. Ini berarti bahwa kalau untuk wilayah Indonesia yang diwakili oleh Sumedang, dan Biak digunakan nilai rata-rata indeks_T bulanan, maka perbedaan MUF untuk masing-masing lokasi dibandingkan dengan rata-ratanya masih berada dalam batas toleransi perbedaan nilai indeks_T (± 25). Dengan demikian untuk indeks_T regional bulanan Indonesia dapat digunakan satu nilai indeks_T regional, yaitu rata-rata indeks_T lokal bulanan di wilayah Indonesia.



Gambar 3-7: Indeks_T Sumedang, Biak dan selisihnya tahun 2005 – 2011



Gambar 3-8: Rata-rata indeks_T bulanan Sumedang dan Biak dan selisih indeks_T Sumedang dengan rata-ratanya

4 KESIMPULAN

Indeks_T jam-an Sumedang dan Biak mengikuti variasi aktivitas matahari jangka panjang, namun tidak nampak variasi musiman maupun hariannya. Variasi harian indeks_T jam-an juga tidak memiliki pola tertentu antara satu lokasi dengan lainnya, demikian juga antara bulan satu dengan lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa indeks_T harian antar lokasi mempunyai karakteristik fisis berbeda, sehingga tidak bisa dirata-ratakan. Walaupun selisih antara indeks_T masing-masing lokasi dengan rata-rata semua lokasi masih berada dalam rentang toleransi perubahan indeks_T, indeks_T jam-an harus dihitung secara terpisah untuk masing-masing lokasi.

Indeks_T bulanan lokal di Sumedang dan Biak secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan indeks_T global. Karakteristiknya juga mengikuti karakteristik indeks_T global dan aktivitas matahari jangka panjang. Hasil analisis menunjukkan bahwa selisih indeks_T bulanan Sumedang dan Biak dengan rata-rata indeks_T dari kedua lokasi masih berada dalam batas toleransi perbedaan nilai indeks_T, sehingga untuk indeks_T bulanan regional Indonesia dapat digunakan satu nilai indeks_T regional, yaitu rata-rata indeks_T lokal bulanan di wilayah Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim scaling ionogram dan verifikator hasil scaling yang telah menyiapkan data untuk kegiatan ini.

DAFTAR RUJUKAN

Bilitza, D. (Ed.), 1990. *International Reference Ionosphere 1990*, NSSDC 90-22, National Space Science Data Center, Greenbelt, Md.

- Bradley, P. A., 1993. *Indices of Ionospheric Response to Solar-Cycle Epoch*, Advance Space Research, 13 (3), 25.
- Bremner J., Lj.R. Canderb, J. Mielicha, R. Stamperb, 2006. *Derivation and Test of Ionospheric Activity Indices from Real-Time Ionosonde Observations in the European Region*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Volume 68, Issue 18, December 2006, Pages 2075-2090.
- Caruana, John, 1989. *The IPS Monthly T index*, IPS Radio and Space Services, 1989.
- Dear V., 2012. *Hasil Awal Uji Verifikasi Indeks_T Regional Menggunakan Jaringan Stasiun Automatic Link Establishment (ALE)*, Berita Dirgantara vol. 13 No.3 ISSN 1411-8920.
- Dear V., Syamsudin, S., 2012. *Uji Sebaran Perhitungan Indeks_T Regional Indonesia*, Majalah Sains Teknologi Dirgantara, Lapan.
- Jiyo, 2005. *Penentuan Indeks_T Harian Lapisan Ionosfer Indonesia*, Majalah Lapan vol. 7 No. 1 dan 2.
- Mielich, J. And J. Bremer, 2010. *A Modified Index for the Description of the Ionospheric Short- and Long-Term Activity*, Annales Geophysicae, 28, 2227-2236.
- Mikhailov, A. V., 1993. *On the Dependence of Monthly Median f_oF_2 on Solar Activity Indices*, Advance Space Research, 13 (3), 71.
- Minnis, C.M., 1955. *A New Index of Solar Activity Based on Ionospheric Measurements*, Journal of Atmospheric Terrestrial Physics, 7 (1955), pp. 310-321.
- Perrone L., dan De Franceschi G., 1998. *Solar, Ionospheric and Geomagnetic Indices*, Annali di geofisica vol 41 N 5-6.
- Rao, M. S. V. G., and R. S. Rao, 1969. *The Hysteresis Variation in F2-Layer Parameters*, Journal of Atmospheric Terrestrial Physics, 31, 1119.
- Smith, P. A., and J. W. King, 1981. *Long-term Relationship Between Sunspots, Solar Faculae and the Ionosphere*, Journal of Atmospheric Terrestrial Physics, 43, 1057.
- Solar and Geophysical Summary* edisi November 1995, IPS radio and space services-Australia.
- Suhartini, S., Septi Perwitasari, Dadang Nurmali, 2012. *Penentuan Indeks Ionosfer Regional*, Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara, Vol. 7 No.1 ISSN 1907-0713.
- Suhartini, S., 2012. *Analisis Kompatibilitas indeks ionosfer regional*, Jurnal Sains Dirgantara, vol. 9 No.2 ISSN 1412-808X.
- Turner, Jack. 1968. *The Development of the Ionospheric Index – T*, IPS series R Report, IPS-R11, Australian Government Department of Administrative Service.
- http://www.ips.gov.au/HF_system.

